

ページごとの描画ログからのプログラミング未経験者の計算論的思考能力の推定 Estimating Computational Thinking Ability of People Unfamiliar with Programming through Drawing Logs of Every Page

菅野 浩太郎
Kotaro Kanno

島川 博光
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

近年、計算論的思考能力は世界各国で重要視されている。計算論的思考能力は問題を解決するための見通しをつける力のことを指す。計算論的思考能力はプログラミングや新しいアイデアや解決策を生み出すための基盤を提供するのに役立つ。Sue[1]は教育における計算論的思考能力の重要性について議論しており、イギリスでは計算論的思考能力育成のため2014年から国家カリキュラムの必修科目として導入された。さらに、Fredrikら[2]はスウェーデンの教師になる前の大学生に対してプログラミングを含む教育を行うことで彼らが計算論的思考を次の世代に教えることができることを示した。

特に、計算論的思考能力の向上手法としてコンピュータを用いた教育方法が提案されている。これは計算論的思考能力がプログラミング能力から派生した考えられるためである。しかし、コンピュータを用いて計算論的思考能力を育成する教育にはコストが多くかかる。本研究ではコンピュータを用いない計算論的思考能力の推定手法を提案する。本研究では、描画タスクを課すことで計算論的思考能力の育成を促す手法を提案する。本手法ではタブレットと電子ペンを用いた描画タスク中の筆跡データを分析することで計算論的思考能力を推定し、描画タスクが計算論的思考能力を推定できるか分析する。

2. 計算論的思考能力

計算論的思考能力はWing[3]が提唱した能力である。計算論的思考はシステムをデザインするときに発揮される。問題を解くとき、対象者は、問題がどれくらい難しいか、最善の解決の道筋はなにか、などを考える。たとえば、対象者は、問題を効率よく解くために、近似解でいいのか、乱数化をうまく利用できるのか、また解の判定に偽陽性や偽陰性が許されるのかを考慮しなければならない。巨大な問題に対したとき、問題を分割し、もとの問題を、分割後の問題とそれらとの関係で抽象化する。

BBCの記事[4]によると、計算論的思考能力はDecomposition(分解)、Pattern recognition(パターン認識)、Abstraction(抽象化)、Algorithms(アルゴリズム)の4個に分類されている。それらが合わさって計算論的思考能力の形を成すと定義されている。これらは、すべてプログラミングで必要とされる能力である。それゆえ、計算論的思考能力を、プログラミングを用いて育成することが可能である。計算論的思考能力はシステム開発に関連した能力だが、4つの項目を使って解決への見通しを立てる力は、すべての人にとって必要な能力である。

3. 描画タスクによる計算論的思考能力の推定手法

本研究では、パラパラ漫画(flip book)をユーザに作成させることにより、そのユーザの計算論的思考能力を推定する。本研究の手法概要図を図1に記す。

各ページに描かれた図を順に素早く表示する機能をページ機能と呼ぶことにする。本研究はページ機能搭載の描画ツールを用いて、ユーザにパラパラ漫画を描く描画タスクを与え、タブレット、電子ペンを用いて筆記ログを取得する。その後、ユーザの筆記ログから特徴量を抽出する。時間経過に沿った特徴量の変化の関係性から、隠れマルコフモデルを用いてユーザの状態を分割する。分割した状態から計算論的思考能力を発揮している状態を特定する。最後に、計算論的思考能力を発揮している状態に共通する条件はいかなるものであるかを調べる。

3.1 パラパラ漫画と計算論的思考能力の関連性

パラパラ漫画とは場面が連続している複数の絵を素早く動かすことで、残像効果によって絵が動いて見える漫画で

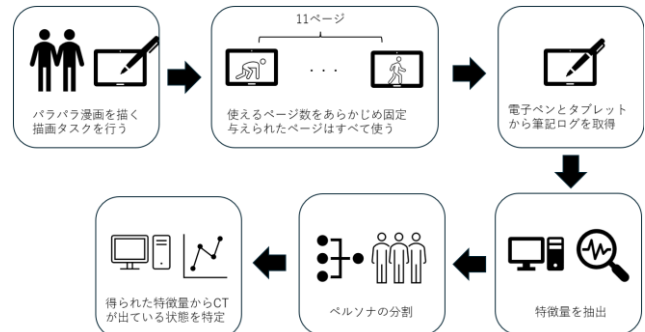


図1 手法概要図

ある。被験者は連続性がある絵を描く必要があるため各ページにどのような状態の絵を描くかを考える必要がある。このとき、被験者は見通しをつける力を用いると予想される。つまり、計算論的思考を用いて問題に対処すると予想される。

3.2 実験の制限

被験者によって描画能力の差がある可能性があるため、パラパラ漫画の描画は簡単なテーマを与える。テーマは、時計の長針短針を描くものとした。被験者は長針と短針の線のみを描くため、被験者の描画の出来栄の差がなくなると考えられる。

実験では、計算論的思考能力測定のために時計の長針と短針が動いているように見えるパラパラ漫画を描く。本実

験は被験者に対して 2 つの描画課題を与えた。1 回目は被験者に描画に慣れてもらうために、12 時から 18 時までを 11 ページで描く課題を与えた。これを問題 1 とする。2 回目は被験者に簡単には見通しを立てることはできない課題を与え、計算論的思考能力の発揮を促す。被験者には 13 時 45 分から 16 時 35 分までを 11 ページで描く課題を与えた。これを問題 2 とする。

被験者はパラパラ漫画を描く際にページ数に制限がない場合、被験者は 1 枚前の描画に続けて描き続け、計算論的思考能力を発揮することがない可能性があるため、ページ数の制限を与えた。したがって、被験者は与えられたページをすべて用いて、パラパラ漫画を描く。

3.3 分析手法

本研究では描画時に取得した電子ペンとタブレットのデータより抽出した特徴量と新たに生成した特徴量を用いて、計算論的思考を発揮している状態を推定する。しかし、特徴量間の相関係数が大きいものが存在すると隠れマルコフモデルは相関係数の大きいものを学習し、有意である特徴量が検出できなくなる。したがって、事前に特徴量間の相関係数が高いものを取り除く。その後、ランダムフォレストモデルを用いて特徴量の重要度を算出し、計算論的思考能力を発揮している際の特徴量を特定する。ランダムフォレストモデルは教師あり学習であるため、隠れマルコフモデルで分析した際の隠れ状態を目的変数とする。計算論的思考能力の発揮に関する特徴量を調べるために、特徴量の重要度を、ランダムフォレストモデルで算出する。

本研究の実験の描画タスクにおいて、パラパラ漫画が滑らかに動いているように見えるようにユーザは各ページの図を描画する。したがって、描画データには時系列性があると考えられる。また、描画時の各時点の状態は観測されない隠れ状態である。描画時の隠れ状態を推定するため、隠れマルコフモデルを使用する。そして、ユーザから収集する時系列データを計算論的思考ありのデータ、計算論的思考なしのデータの 2 つのパターンに判別したのち、被験者が計算論的思考能力を発揮しているかどうかを調べるため計算論的思考能力を発揮している期間のみを集めた隠れマルコフモデルを作成する。発揮している期間のみを集めたのは、計算論的思考能力を発揮していない時系列データは、状態遷移に共通の特徴がないと考えられ、隠れマルコフモデルの学習のための EM アルゴリズムが収束しないと考えられるためである。

4. 実験結果と考察

ランダムフォレストモデルの変数重要度の結果から重要な特徴量は 0.2 秒間の X 座標の変化量、ペンの速度、高度角であった。

計算論的思考をある場合の高度角は次の行動を考えているときは、高度角が大きくなり、考えていないときに高度角が小さくなる。計算論的思考能がない場合は、被験者は、見通しがついていない。被験者は、常に、次に何をするかを考えているため、高度角が低くなることがない。

計算論的思考ありのデータでは 0 付近を除いて同じくらいの計測数の棒グラフが並んでいる、計算論的思考なしのデータでは変化量の大きさが大きいものと 0 付近のもので分かれていることから、ペンを急激な速度で動かす動作や、急にペンの動きを止めるといったことを行っていると考えられる。つまり、見通しが立っていない状態で描き始め、自身が間違えた描画を行っている可能性がある。

計算論的思考を使っているときにはペンの速度がまばらになっている一方で、計算論的思考を使っていない場合はペンの速度が高いものと低いもので 2 極化していることを示している。計算論的思考を使っているときは、あらかじめ描く内容が決まっているため、描線開始時には線の長さや角度を決めるためにペンの速度が小さくなる。いったん、書くべき線が決まると直感だけで描けるので、ペンの速度が高くなると考えられる。

5. 本手法の限界

本研究では、パラパラ漫画を作成することによる計算論的思考能力の推定を行った。計算論的思考がある期間とならない期間はページの遷移と経過時間の関係性で分割することができた。これは、すべての被験者が、描画すべき手順を具体的にイメージできたがためと考えられる。

パラパラ漫画を作成する描画方法が難しいと、被験者が具体的な見通しをたてられない。その場合、提案手法で、計算論的思考能力を判定できるという確証はない。しかし、本実験での例を考えると、段階的にタスクを複雑にすることで、計算論的思考ができる能力を推定できると考える。

6. おわりに

本研究では、パラパラ漫画を描画させることにより、計算論的思考を働かせているかを推定する手法を提案した。今後、より多くの事例で、その効用を調べる予定である。

参考文献

1. Sue Sentence . Moving to mainstream: developing computing for all. WiPSCE '19: Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, October 2019, Article No.12, Pages 1-2.
2. Fredrik Heintz, Linda Mannila. Computational Thinking for All : An Experience Report on Scaling up Teaching Computational Thinking to All Students in a Major City in Sweden . Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education February 2018. Pages 137-142.
3. Jeannette Wing. Computational thinking. Journal of Computing Sciences in Colleges. Volume 24. Issue 6pp 6-7 (2009)
4. BBC: " Introduction to computational thinking ", <https://www.bbc.co.uk/bitesize>